第 29 卷 第 4 期 昆虫学报 Vol. 29, No. 4
1986 年 11 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1986

大菜粉蝶颗粒体病毒对菜粉蝶幼虫取食、生长、发育的影响*

万兴生 胡萃
(浙江农业大学)

摘要 菜粉蝶幼虫在一、二、三、四龄初期饲以大菜粉蝶颗粒体病毒 (PbGV), 食量减少 99.3—38.4%; 四龄末或五龄初饲毒,食量反而比健虫高出 36.3%和 87.2%。幼虫感病后取食期的缩短或延长是食量变化的主要原因。幼虫病死前脱皮过程先被抑制, 其结果往往使得死亡时所处的龄期明显延长。幼虫在四龄末饲毒后,由于五龄期延长,食量增加,其死亡前达到的最高体重平均为 357.9毫克, 远高于健虫化蛹前的最高体重。PbGV 对菜粉蝶化蛹也有明显影响。幼虫在五龄前饲毒,一般不能化蛹。五龄第 1—3 天饲毒、化蛹率 26.4—87.9%, 第 4 天饲毒对化蛹无影响。本文结果对应用 PbGv 防治菜粉蝶幼虫危害以及对该病毒的大量增殖均具指导意义。

关键词 菜粉蝶 大菜粉蝶颗粒体病毒 颗粒体病毒对寄主的影响

大菜粉蝶颗粒体病毒 (PbGV) 对大菜粉蝶 *Pieris brassicae* 和菜粉蝶 *Artogeia rapae* 幼虫均具有极强的毒力 (Payne 等, 1981),是这两种害虫有效的生物防治作用物。在 PbGV 的生物学、生物化学、血清学等方面已有许多研究 (Longworth 等, 1972; Harrap 等,1974; Brown 等,1977; Davia, 1978; Crook, 1981),在生物防治中的应用也有报道 (Jagues, 1973; Falcon 等,1974;吴祖银等,1982),但对其如何影响寄主的取食、生长、发育则了解尚少。而后者无论在理论还是实践上都具有重要意义。

本文系 1984 年 5—10 月在杭州浙江农业大学田间养虫室内试验的结果。

一、材料与方法

(一) 材料 试验所用 PbGV, 由英国温室作物研究所 (Glasshouse Crops Research Institute) 引进,使用前经菜粉蝶幼虫增殖一次,并以蔗糖低速密度梯度离心法(刘年翠等, 1981)提纯。供试一、二龄幼虫由室内养出, 其余各龄幼虫在试验前三天采自田间。菜粉蝶的食料为新鲜甘蓝内层叶, 叶柄浸于蒸馏水中以防萎蔫。蚕用植源蜕皮激素由本校蚕桑系赠送,使用时配成 5mg/ml 和 50μg/ml 二种浓度。

(二) 方法

1. 健康幼虫的食量与取食速度 取带有菜粉蝶卵的甘蓝叶 10 片, 每片留 1 粒卵, 幼虫孵化后每 12 小时测量食去的叶面积一次,并记录幼虫生长发育进度。

本文于 1985 年 1 月收到。
* 蒙王选民、庞奕根两同志协助采集与饲养,特此致谢。

2. 病毒对幼虫取食的影响 试验分在一、二、三、四、五龄初和四龄末饲毒共6个处理，每处理供试幼虫10头，每头单独养于甘蓝叶上。饲毒24小时，此后每12小时测量食去的叶面积一次。

3. 病毒对幼虫历期的影响 试验分在一、二、三、四、五龄初和一、二、三、四龄末饲毒共9个处理，方法同试验2，每12小时观察记载生长发育进度一次。

4. 感病五龄幼虫对蜕皮激素感受性的变化 试验设A、B、C三组，每组3个重复，每重复供试五龄幼虫20头，日龄1天。A、B组幼虫在试验开始时分别饲毒24小时，C组幼虫不饲毒；再过72小时后A、C组幼虫每头注射蜕皮激素（浓度5mg/ml）1μl，此后每天饲喂喷过蜕皮激素（浓度50μg/ml）的甘蓝叶，B组幼虫不经蜕皮激素处理。试验期间每24小时观察幼虫化蛹情况一次。

5. 四龄末饲毒对五龄幼虫体重的影响 试验分饲毒与不饲毒二组，每组供试四龄幼虫15头，在四龄最后一天，饲毒组幼虫饲毒24小时，此后二组每24小时各称体重一次。

6. 五龄饲毒对化蛹的影响 试验设五龄第1、2、3、4天饲毒共4个处理，每处理重复二次，每重复供试幼虫30头，饲毒24小时后分别饲养，每天检查一次。

以上各试验均每24小时更换食料一次，直至幼虫全部死亡或化蛹为止。饲毒时将浓度为10^7GIB/ml的病毒悬浮液喷撒在甘蓝叶上，阴干后喂饲幼虫。

二、结 果

1. 健康幼虫的食量与取食速度（表1、图1）

表1 菜粉蝶各龄幼虫的食量

（室温：20.3—30.8℃，平均：25.0℃）

龄 别	食量（mm²/头） 平 均	食量（mm²/头） 标准差	占总食量的%	累 计（%）
一	10.3	1.9	0.23	0.23
二	29.8	1.4	0.66	0.88
三	99.5	21.1	2.19	3.07
四	439.4	104.3	9.66	12.73
五	3968.4	407.5	87.28	100.00

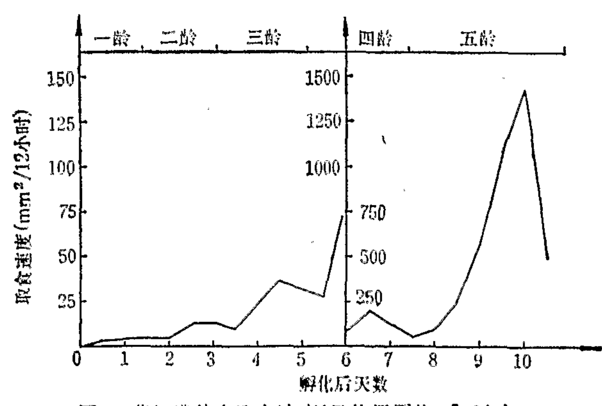


图1 菜粉蝶幼虫取食速度（日均温平均25.0℃）

由表 1 和图 1 可见：低龄幼虫食量小，四龄明显增大，五龄进入暴食期，该期食量占总食量的 87.28%。菜粉蝶幼虫的取食速度呈波浪形增长，每次蜕皮前后因暂时不取食，故平均取食速度通常下降。幼虫在化蛹前 1—2 天取食最快。

2. 病毒对幼虫取食的影响(表 2)

表 2　幼虫饲毒后食量、取食速度、取食期的变化
(室温：20.3—30.8℃，平均：25.0℃)

饲毒时间	平均食量 (mm^2)			最高取食速度 (mm^2/12 h.)		平均取食期(天)	
	对照	病虫	增减率(%)	对照*	病虫	对照	病虫
一龄初	4547	30	−99.3	35.9	6.3	10.8	3.8
二龄初	4547	149	−96.7	199.9	26.4	10.8	5.5
三龄初	4547	567	−87.5	255.7	89.2	10.8	7.8
四龄初	4547	2799	−38.4	1418.0	571.2	10.8	10.5
四龄末	4547	6199	+36.3	1418.0	891.7	10.8	12.2
五龄初	4547	8512	+87.2	1418.0	1152.8	10.8	13.4

* 指病虫死亡时健虫所达到的最高取食速度。

表 2 结果表明：幼虫在四龄初以及在此以前饲毒，平均食量比对照减少 38.4—99.3%，饲毒越早，减少越多；但在四龄末或五龄初饲毒，食量反而比对照增加 36.3% 和 87.2%。幼虫饲毒后取食期的变化与食量变化基本一致。至于取食速度，据观察结果，在饲毒后 2—4 天开始总是低于对照组。

3. 病毒对幼虫各龄历期的影响(表 3)

表 3　不同时间饲毒后各龄历期的变化
(室温：20.3—30.8℃，平均：25.0℃)

饲毒时间	平均历期(天)				
	一龄	二龄	三龄	四龄	五龄
对照	1.4a	1.7b	2.0c	2.3b	3.5d
一龄初	1.9a	2.4a			
一龄末		1.7b	2.7b		
二龄初		1.8b	3.3a		
二龄末			1.8c	2.7b	
三龄初			1.9c	3.6a	
三龄末				2.2b	3.5d
四龄初				2.2b	4.5c
四龄末					5.6b
五龄初					6.1a

注：有相同小写字母的平均数间差异未达 p0.05 显著水平，下同。

由表 3 可见：在各龄初期饲毒，除五龄外，一般本龄历期不受影响，但下龄历期明显延长；各龄末期饲毒，下龄历期不受影响，但再下龄历期可能延长。据试验观察，幼虫在饲毒后第 3—4 天起即不再脱皮。

4. 感病五龄幼虫对蜕皮激素感受性的变化

表 4 病虫经蜕皮激素处理后预蛹率、化蛹率的变化
(室温: 14.4—20.2℃,平均: 17.3℃)

处理	预蛹率(%)			化蛹率(%)			化蛹前病死率(%)		
病毒+蜕皮激素	68.0	b	B	37.4	b	B	62.6	a	A
病毒	33.5	c	C	27.6	b	B	72.4	a	A
蜕皮激素	100.0	a	A	100.0	a	A	0.0	b	B

注: 具有相同大写字母的平均数间差异未达 p0.01 显著水平,下同。

表 4 指出: 仅用蜕皮激素处理的幼虫,其预蛹率、化蛹率均为 100%; 饲毒后经蜕皮激素处理的幼虫,其预蛹率极显著高于饲毒后未经激素处理的幼虫,但化蛹率则两者相差不多。

5. 四龄末饲毒对五龄幼虫体重的影响

表 5 病毒对五龄幼虫体重的影响
(室温: 14.4—20.2℃,平均: 17.3℃)

饲毒后天数	饲毒组平均体重 (mg)	健康幼虫平均体重 (mg)	病虫体重增加%*
0	56.3 (四龄)	56.3 (四龄)	0.00
1	86.1 (五龄)	81.6 (五龄)	5.47
2	150.9 (五龄)	158.5 (五龄)	−4.71
3	203.7 (五龄)	201.9 (五龄)	0.88
4	262.3 (五龄)	255.1 (五龄)	2.80
5	283.4 (五龄)	230.7 (预蛹)	11.06
6	331.3 (五龄)	227.4 (蛹)	29.85**
7	357.9 (五龄)		40.27**
8	355.8 (五龄)		39.45**
9	326.6 (五龄)		28.01**

* 自第 5 天起,病虫体重均与健虫第 4 天的体重比较。
** 差异达 P0.01 显著水平。

表 5 结果表明: 四龄末幼虫饲毒后 4 天内,体重与健虫一致,以后健虫化蛹而病虫则继续取食生长。自第 6 天起,病虫体重极显著高于健虫化蛹前的最高体重, 直至死亡前一天才稍下降。

6. 五龄饲毒对化蛹的影响

表 6 五龄幼虫饲毒对化蛹的影响
(室温: 20.3—30.8℃,平均: 25℃)

饲毒时日龄	化蛹率(%)		
1	26.36	d	D
2	64.49	c	C
3	87.86	b	B
4	100.00	a	A

由表 6 可知: 幼虫在五龄期饲毒越早,化蛹率越低,在五龄第 3 天后饲毒, 幼虫化蛹

所受的影响少或无。

三、讨　　论

菜粉蝶幼虫的食量取决于取食速度与取食期这二个因素，改变其中任何一个都可引起食量的变化。幼虫被 PbGV 感染后，取食速度低于健康幼虫，但取食期则可延长或缩短。在四龄末或五龄初饲毒，幼虫取食期显著延长，而取食速度减少并不多，故幼虫食量大幅度增加。

菜粉蝶幼虫后期饲毒，取食期延长，其原因是病虫的蜕皮过程受抑制，使得幼虫不能蜕皮、化蛹。病虫在后期经蜕皮激素处理后预蛹率提高，说明，此时真皮细胞对蜕皮激素仍有感受性。因此，病虫体内蜕皮激素不足，可能是不能蜕皮的主要原因之一。当然，也不能排除真皮细胞对激素感受性降低的可能性。当体内蜕皮激素充足时，病虫虽能成为预蛹，但大多仍不能顺利化蛹。这可能是由于脂肪体和真皮被破坏之故。PbGV 主要侵染寄主的脂肪体和真皮细胞（Paillot, 1926）。受蜕皮激素刺激后，真皮细胞能分泌脱皮液，参与旧表皮溶解和新表皮合成的一系列过程（Novak, 1969; 1975）。脂肪体除行使一系列与生长、发育有关的功能（Keeley, 1978）之外，还有将 α-蜕皮素转化成 β-蜕皮素的作用（Gilbert, 1974）。一般认为 β-蜕皮素是活化的激素，而 α-蜕皮素是一种激素原（King, 1972）。当病毒侵染，破坏了上述组织之后，就可能阻止幼虫的脱皮和化蛹。可见病毒抑制寄主幼虫脱皮、化蛹的机制可能是多方面的。

本文结果表明：PbGV 防治菜粉蝶应在低龄幼虫期进行，若在四龄初期之后使用，反而可能增加当代的危害。在大量增殖病毒供生物防治应用时，应在幼虫四龄末或五龄初期饲毒，以提高病虫死亡时的体重，这对增加病毒产量是十分关键的（Hedlund 等，1974；胡萃等，1985）。

试验 4 和试验 5 在较低温度下进行，这时幼虫发育缓慢，病毒感染历期延长，便于观察幼虫的体重变化以及是否进入预蛹期，而在这种条件下，幼虫的感病死亡率是不受影响的（胡萃等，1985）。

本文结果是由 PbGV 与菜粉蝶相互关系的研究中得到的。由于已发现的杆状病毒在许多方面是相似的，因此，本文的结论可能也适用于其他杆状病毒与其寄主间关系的分析。

参　考　文　献

刘年翠、梁东瑞、张起麟　1981　菜粉蝶颗粒体病毒的分离、提纯、鉴定、超微结构和应用。武汉大学学报(自然科学版)1981(2)：49—60。

吴祖银、危倍民、高博　1982　大菜粉蝶颗粒体病毒制剂田间防治试验。新疆农业科学　1982(2)：29。

胡萃、赵兆庆、万兴生　1985　应用大菜粉蝶颗粒体病毒防治菜粉蝶的研究：病毒的室内增殖。浙江农业大学学报 **11**(2)：129—33。

胡萃、万兴生、虞子法、俞伯良　1985　应用大菜粉蝶颗粒体病毒防治菜粉蝶的研究：病毒形态观察与致死中浓度、致死中时测定。浙江农业大学学报　**11**(3)：289—94。

Brown, D. A., H. M. Bud and D. C. Kelly 1977 Biophysical properties of the structural components of a granulosis virus isolated from the cabbage white butterfly (*Pieris brassicae*). *Virol.* 81(2): 317—27.

Crook, N. E. 1981 A comparison of the granulosis virus from *Pieris brassicae* and *Pieris rapae*. *Virol.* 115(1): 173—81.

David, W. A. L. 1978 The granulosis virus of *Pieris brassicae* (L.) and its relationship with its host. *Advan. Virus Res.* 22: 111—61.
Falcon, L. A., A. Sorenson and N. B. Akesson 1974 Pioneering research on aerosol application of insect pathogens. *Calif. Agric.* 28(4): 11—3.
Gilbert, L. I. 1974 Endocrine action during insect growth. *Recent Progress Horm. Res.* 30: 347—90.
Harrap, K. A. and J. F. Longworth 1974 An evaluation of purification methods for baculoviruses. *J. Invert. Pathol.* 24(1): 55—62.
Hedlund, R. C. and W. G. Yendol 1974 Gypsy moth nuclear-polyhedrosis virus production as related to inoculating time, dosage, and larval weight. *J. econ. Ent.* 67(1): 61—3.
Jaques, R. P. 1973 Methods and effectiveness of distribution of microbial insecticides. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 217: 109—19.
Keeley, L. L. 1978 Endocrine regulation of fat body development and function. *Ann. Rev. Ent.* 23: 329—52.
King, D. S. 1972 Endocrine metabolism in insects. *Ann. Zool.* 12: 343—45.
Longworth, J. F., J. S. Robertson and C. C. Payne 1972 The purification and properties of inclusion body protein of the granulosis virus of *Pieris brassicae. J. Invert. Pathol.* 19(1): 42—50.
Novak, V. J. A. 1969 Hormonal control of the moulting process in Arthropods. *Gen. Comp. Endocrinol., suppl.* 2: 439—50.
Novak, V. J. A. 1975 Insect Hormone, 4th edition, Chapman and Hall Ltd., London.
Paillot, A. 1926 Sur une nouvelle maladie du noyau du grasserie des chenilles de *Pieris brassicae* et un nouveau groupe de micro-organismes parasites. *C. R. hebdom. Acad. Sci.* 182(2): 180—2.
Payne, C. C., G. M. Tatchell and C. F. Williams 1981 The comparative susceptibilities of *Pieris brassicae* and *P. rapae* to a granulosis virus from *P. brassicae. J. Invert. Pathol.* 38(2): 273—80.

EFFECT OF THE GRANULOSIS VIRUS FROM *PIERIS BRASSICAE* ON FEEDING, GROWTH AND DEVELOPMENT OF LARVAE OF *ARTOGEIA RAPAE*

WAN XING-SHENG HU CUI
(Zhejiang Agricultural University)

The larvae of *Artogeia rapae,* when fed with the granulosis virus from *Pieris brassicae* (PbGV) at the beginning of the first, second, third or fourth instar, would reduce their food consumption significantly. However, if the virus was fed at the end of fourth or the beginning of the fifth instar, the food consumption increased 36.3% or 87.2% respectively. The main cause for this difference is the change of the feeding period after virus infection.

Ecdysis of diseased larvae was hampered before death; so the stadia in which they died were usually longer than that of the normal ones. Due to the prolongation of feeding period and the increase of food consumption, the larvae fed with PbGV at the end of the fourth instar became much heavier than the healthy larvae and could reach a mean weight of 357.9 mg before death.

When infected at young stage, the larvae usually could not pupate. However, 26.4% to 87.9% of the larvae infected on the first three days of the fifth instar could pupate, and no prohibitive effect on pupation was observed if PbGV was fed on the fourth day of this instar.

Key words *Artogeia rapae*——granulosis virus from *Pieris brassicae* (PbGV)——effect of granulosis virus on host